

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Оценочные материалы
по дисциплине
Термодинамика и тепло- и массообмен**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ежов Е.В. |
| | Идентификатор | R680daa58-YezhovYevV-d05c8f2a |

(подпись)


Е.В. Ежов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Митрохова О.М. |
| | Идентификатор | R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867 |

(подпись)


О.М.

Митрохова

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Грибин В.Г. |
| | Идентификатор | R44612ca0-GribinVG-8231e2ff |

(подпись)

В.Г. Грибин

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-4 способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках

ИД-1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики, выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности

ИД-3 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы, проводит исследования и расчет процессов теплообмена в соответствии с заданной методикой

2. ОПК-6 способен проводить измерения физических величин, определяющих работу энергетических машин и установок

ИД-1 Демонстрирует знание единиц измерения физических величин, основных методов их измерения

ИД-2 Выполняет измерения физических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает погрешность

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №17 (Коллоквиум)
2. Защита лабораторных работ № 1-4 (Тестирование)
3. Защита одной из лабораторных работ №1, №2, №3, №30, №36 (Коллоквиум)
4. Защита одной из лабораторных работ №13, №32, №37, №7, №9, №10 (Коллоквиум)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообменные аппараты" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа « Теплообмен при фазовых переходах, теплообмен излучением» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №1.1. Расчет термодинамических процессов идеального газа с учетом зависимости теплоёмкости газа от температуры. Контрольная работа №1.2. Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №1.3. Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лавалья. (Контрольная работа)
5. Контрольная работа №1.4. Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок (Контрольная работа)
6. Расчетное задание (Расчетно-графическая работа)
7. Расчетное задание 1.1. Расчёт состояний в идеальных газах с помощью таблиц ВТИ и МЭИ (Решение задач)
8. Расчетное задание 1.2. Расчёт цикла смеси идеальных газов в 5 процессах (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

4 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | | |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
| | Срок КМ: | 4 | 12 | 14 | 15 | 15 | 16 |
| Основные законы термодинамики и общие закономерности | | | | | | | |
| Введение, основные законы термодинамики, свойства и процессы идеального газа | + | + | | | | | |
| Первый закон термодинамики | + | + | | | | | |
| Второй закон термодинамики. Теоремы Карно, Энтропия и её свойства | + | + | | | | | |
| Дифференциальные соотношения термодинамики | | + | | | | | |
| Процессы идеального газа | | | | | | | |
| Смеси идеальных газов | | | | + | | | + |
| Процессы идеального газа | | | | + | | | + |
| Процессы в реальных газах. Свойства воды и водяного пара | | | | | | | |
| Основы молекулярного строения реального вещества. Агрегатные состояния веществ. Водяной пар | | | | + | | | + |
| Процессы течения газов и паров. Понятие сопла и диффузора. Процессы дросселирования рабочих тел | | | | | | | |
| Истечение идеальных газов из сопел | | | | | + | | |
| Истечение водяного пара из сопел различной конфигурации | | | | | + | | |
| Процессы дросселирования газов и паров. Инверсия | | | | | + | | |
| Термодинамические циклы теплосиловых, теплонасосных и холодильных установок | | | | | | | |
| Циклы газотурбинных энергетических установок | | | | | | + | |
| Циклы паротурбинных установок | | | | | | + | |
| Обратные термодинамические циклы | | | | | | + | |
| Лабораторный практикум по тепломассообмену | | | | | | | |
| Вес КМ: | 10 | 30 | 20 | 15 | 15 | 10 | |

5 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % |
|-------------------|---------------------------------|
|-------------------|---------------------------------|

| | Индекс КМ: | КМ- 7 | КМ- 8 | КМ- 9 | КМ- 10 | КМ- 11 | КМ- 12 |
|--|---------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Срок КМ: | 14 | 8 | 10 | 12 | 4 | 16 |
| Принципы теплообмена | | | | | | | |
| Законы переноса теплоты, вещества, импульса. Теплообмен | + | | | | | | + |
| Температурное поле. Изотермы. Градиент температуры. Плотность теплового потока | + | | | | | | + |
| Теплопроводность. Расчетное задание №1 | | | | | | | |
| Закон теплопроводности Фурье | + | | | | | + | + |
| Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Типы граничных условий. | | | | | | + | |
| Инженерные методы расчета тепло-массообмена в энергетических установках | | | | | | | |
| Расчет теплоотдачи в элементах теплообменных устройств | | | + | | | | |
| Методы подобия и размерностей | | | | | | | |
| Конвективный теплообмен | | | | | | | |
| Теория пограничного слоя. Оценка порядка величин в дифференциальных уравнениях конвективного теплообмена для течений с большими числами Рейнольдса. Уравнения пограничного слоя. Преобразование подобия. | + | + | + | + | + | + | + |
| Автомодельные переменные. | | | | | | | |
| Двухфазный теплообмен. Расчетное задание №2. Расчетное задание №3 | | | | | | | |
| Условия динамического и теплового взаимодействия на поверхности раздела фаз | | | | + | + | | |
| Структуры, режимы и количественные характеристики двухфазных потоков | | | | + | + | | |
| Теплообмен излучением | | | | | | | |
| Основные понятия и законы. Количественные характеристики излучения | | | | + | | | |
| Классификация потоков излучения. Закон Кирхгофа. Законы излучения абсолютно черного тела | | | | + | | | |
| Излучение и поглощение нечерных тел | | | | | | | |
| | Вес КМ: | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 |

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Индекс компетенции | Индикатор | Запланированные результаты обучения по дисциплине | Контрольная точка |
|--------------------|--|--|--|
| ОПК-4 | ИД-1 _{опк-4} Демонстрирует понимание основных законов термодинамики, выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности | <p>Знать:</p> <p>методы расчета термодинамических процессов идеального и реального газа</p> <p>основные законы термодинамики и условия их применения</p> <p>Уметь:</p> <p>применять основные понятия, термины и законы термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании</p> <p>самостоятельно выбирать и применять методы расчета термодинамических свойств идеального и реального газа</p> <p>анализировать, выбирать и применять методы расчета основных характеристик</p> | <p>Расчетное задание 1.1. Расчёт состояний в идеальных газах с помощью таблиц ВТИ и МЭИ (Решение задач)</p> <p>Контрольная работа №1.1. Расчет термодинамических процессов идеального газа с учетом зависимости теплоёмкости газа от температуры. Контрольная работа №1.2. Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара (Контрольная работа)</p> <p>Расчетное задание 1.2. Расчёт цикла смеси идеальных газов в 5 процессах (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Контрольная работа №1.3. Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля. (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа №1.4. Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторных работ № 1-4 (Тестирование)</p> |

| | | | |
|-------|--|---|---|
| | | термодинамических циклов холодильных, теплосиловых и теплонасосных установок | |
| ОПК-4 | ИД-3 _{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы, проводит исследования и расчет процессов теплообмена в соответствии с заданной методикой | Знать: основные источники научно-технической информации о новых разработках в области теплообмена методики расчета теплообменных аппаратов ТЭС, АЭС и принципы и методы интенсификации теплопередачи методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена основные принципы теплообмена и методы математического моделирования теплообменных процессов и установок Уметь: самостоятельно | Расчетное задание (Расчетно-графическая работа) Контрольная работа "Теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообменные аппараты" (Контрольная работа) Контрольная работа « Теплообмен при фазовых переходах, теплообмен излучением» (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №17 (Коллоквиум) Защита одной из лабораторных работ №1, №2, №3, №30, №36 (Коллоквиум) Защита одной из лабораторных работ №13, №32, №37, №7, №9, №10 (Коллоквиум) |

| | | | |
|-------|---|--|--|
| | | <p>анализировать процессы теплообмена и принимать оптимальные решения при проектировании и эксплуатации теплообменного оборудования</p> <p>разрабатывать компьютерные модели гидродинамических процессов</p> <p>самостоятельно ставить и решать задачи гидродинамических процессов и выполнять численные расчеты</p> | |
| ОПК-6 | ИД-1 _{ОПК-6} Демонстрирует знание единиц измерения физических величин, основных методов их измерения | <p>Знать:</p> <p>основные источники информации о теплофизических свойствах теплоносителей</p> <p>Уметь:</p> <p>пользоваться справочными данными теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей</p> | <p>Контрольная работа "Теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообменные аппараты" (Контрольная работа)</p> <p>Защита одной из лабораторных работ №13, №32, №37, №7, №9, №10 (Коллоквиум)</p> |
| ОПК-6 | ИД-2 _{ОПК-6} Выполняет измерения физических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает погрешность | <p>Знать:</p> <p>основные принципы измерения физических величин, обработки результатов измерений и оценки погрешности</p> | <p>Защита лабораторной работы №17 (Коллоквиум)</p> <p>Защита одной из лабораторных работ №1, №2, №3, №30, №36 (Коллоквиум)</p> <p>Защита одной из лабораторных работ №13, №32, №37, №7, №9, №10 (Коллоквиум)</p> |

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

4 семестр

КМ-1. Расчетное задание 1.1. Расчёт состояний в идеальных газах с помощью таблиц ВТИ и МЭИ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка ответа на расчетное задание, включающего решения задач с необходимыми пояснениями и графической интерпретацией решений

Краткое содержание задания:

Расчет состояний в идеальных газах с использованием таблиц термодинамических свойств газов.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| <p>Уметь: самостоятельно выбирать и применять методы расчета термодинамических свойств идеального и реального газа</p> | <p>1.1. Определить массу кислорода ($\mu = 31,9988$), если его энтальпия $H = 456$ кДж, удельная внутренняя энергия $u = 203,7$ кДж/кг</p> <p>2. Определить температуру (T) и удельный объем воздуха ($\mu = 28,96$), если его полная энтальпия $H = 2073,3$ кДж, давление $p = 0,3$ МПа, а его масса $m = 0.17265$ кмоль.</p> <p>3. Определить объем диоксида углерода ($\mu = 44,011$), если, при нормальном давлении, его полная энтальпия $H = 230,74$ кДж, а его внутренняя энергия $\tilde{U} = 12908,09$ кДж/кмоль</p> <p>При решении использовать таблицы: «Теплофизические свойства рабочих веществ энергетики» Александров А.А. и др.</p> <p>2.1. Рассчитать давление диоксида азота ($\mu = 46,0053$), если его энтальпия $h = 572,5$ кДж/кг, а объем $V = 0,4$ м³ при массе $0,7$ кг.</p> <p>2.2. Определить температуру (T) и удельный объем кислорода ($\mu = 31,9988$), если его полная энтальпия $H = 2298,1$ кДж, давление $p = 0,3$ МПа, а его масса $m = 0.156256$ кмоль</p> <p>3. Определить объем диоксида углерода ($\mu = 44,011$), если, при нормальном давлении, его полная энтальпия $H = 285,28$ кДж, а его внутренняя энергия $\tilde{U} = 17067,17$ кДж/кмоль</p> |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Контрольная работа №1.1. Расчет термодинамических процессов идеального газа с учетом зависимости теплоёмкости газа от температуры. Контрольная работа №1.2. Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка решения задач в контрольной работе

Краткое содержание задания:

Решение задач с расчетом процессов в идеальных газах. Решение задач с расчетом процессов в воде и водяном паре

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| <p>Знать: основные законы термодинамики и условия их применения</p> | <p>1.1.0,1 кг. двуокиси углерода при давлении $7 \cdot 10^5$ Па и начальной температурой $t_1 = 1112$ 0F расширяются политропно до давления 0,25 МПа. Определить изменение внутренней энергии газа, совершенную работу и количество теплоты. Показатель политропы $n = 1,12$</p> <p>2. Начальное состояние пара: $P_1 = 5$ бар; $X = 0,9$. Пар расширяется изотермически до давления 0,5 бар. Найти t, q, l, Δu. Представить процесс в PV, HS, TS - диаграммах</p> <p>2.1. Двуокись углерода при давлении 0,98692 атм занимает объем 0,3 м³. Начальная температура газа $t_1 = 68$ 0F. Определить количество теплоты, которое надо затратить для изобарного расширения газа до объема 1 м³ и совершенную газом работу.</p> <p>2. Водяной пар расширяется в турбине адиабатно и обратимо от параметров: $P_1 = 200$ бар; $t_1 = 500$ оС до давления 0,04 бар. Найти работу турбины в расчете на 1 кг проходящего пара. Представить</p> |
|---|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Расчетное задание 1.2. Расчёт цикла смеси идеальных газов в 5 процессах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Представление результатов расчёта в редакторе Word

Краткое содержание задания:

Расчёт цикла из пяти процессов заданной смеси идеальных газов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета термодинамических процессов идеального и реального газ

- 1.
- | |
|---|
| Рабочее тело – двухкомпонентная смесь. $\omega_1 = 0,45$ |
| 1) Компонент – воздух; $\mu = 28,96$ кг/кмоль |
| 1) Компонент – NO ₂ ; $\mu = 46.0053$ кг/кмоль |

Цикл состоит из процессов:

| | |
|-------|-------------------|
| 1 – 2 | V=constant |
| 2 – 3 | T=constant |
| 3 – 4 | S=constant |
| 4 – 5 | P=constant |
| 5 – 1 | n = 1,12=constant |

- | |
|--|
| 1. Рассчитать параметры состояния (p, v, T) и Функции состояния (u, h, s) в каждой точке цикла |
| 1. Теплоту, работу, и среднюю температуру подвода теплоты в каждом процессе |
| 3. Термический КПД цикла |
| 4. Построить таблицу состояний и таблицу процессов ($\Delta u, \Delta h, \Delta s, l, q, \bar{T}$) |
| 5. Цикл в масштабе в p-v и T-s – диаграммах |
| Для расчёта энтропии принять начальные параметры $p_0 = 0,1$ Мпа, $T_0 = 273,15$ К |
| Для вычерчивания цикла, при необходимости, |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Контрольная работа №1.3. Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка ответов на задачи в контрольной работе

Краткое содержание задания:

Решение задач с расчетом процессов истечения и дросселирования газов и паров.

Решение задач с расчетом циклов ГТУ и ПТУ

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять основные понятия, термины и законы термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании

1.1. Воздух с начальной скоростью $w_1 = 250$ м/с при давлении $p_1 = 1,0$ МПа, массовом расходе $0,4$ кг/с и температуре $t_1 = 350^\circ\text{C}$ вытекает через суживающееся сопло в среду с давлением $p_{ср} = 0,25$ МПа. Определить скорость истечения воздуха и площадь поперечного сечения на выходе из сопла, если скоростной коэффициент $\phi = 0,90$. При решении воспользуйтесь табл.

2. Определить внутренний КПД и действительную мощность ГТУ с рабочим телом со свойствами воздуха, работающей по регенеративному циклу Брайтона. С параметрами на входе в компрессор: $p_1 = 0,1$ МПа, $t_1 = 15^\circ\text{C}$, степень повышения давления в компрессоре $\beta = 9$, степень регенерации $\sigma_r = 0,85$ температура на выходе из камеры сгорания $t_3 = 1150^\circ\text{C}$., расход газа через турбину $G = 500$ т/час, а внутренние относительные КПД турбины $\eta_{0iT} = 0,94$, компрессора $\eta_{0iK} = 0,8$

2.

1. Водяной пар при давлении $P_1 = 4$ МПа и температуре $t_1 = 400^\circ\text{C}$ поступает к

| | |
|--|--|
| | <p>суживающемся соплу с начальной скоростью $w_1 = 150$ м/с. Давление за соплом $P_{ср} = 2,4$ МПа. Определить скорость истечения и расход пара, если площадь выходного сечения сопла $f_2 = 4$ см²</p> <p>2. Определить действительную мощность ГТУ с рабочим телом со свойствами воздуха, работающей по обыкновенному циклу Брайтона. С параметрами на входе в компрессор: $t_1 = 20$ °С, степень повышения давления в компрессоре $\beta = 12$, температура на выходе из камеры сгорания $t_3 = 1150$ °С, если расход воздуха на входе в компрессор $G = 450$ т/час, а внутренний относительный КПД установки $\eta_{0i} = 0,95$</p> <p>3.</p> <p>1. Воздух при давлении 2,4 МПа и температуре 500 °С поступает к суживающемуся соплу. Давление за соплом $P_{ср} = 1,2$ МПа. Определить скорость истечения, если скоростной коэффициент сопла $\varphi = 0,96$.</p> |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-5. Контрольная работа №1.4. Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту на практическом занятии выдается индивидуальная задача. На решение задачи отводится 45 мин.

Краткое содержание задания:

Определить параметры энергетической, холодильной и теплонасосной установок

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Уметь: анализировать, выбирать и применять методы расчета основных характеристик термодинамических циклов холодильных, теплосиловых и теплонасосных установок | 1. Определить термический КПД и мощность паротурбинной установки, с промежуточным перегревом пара, если расход пара 750 т/час, параметры пара на входе турбины высокого давления $P_1 = 20$ МПа, $t_1 = 560$ °С, пар направляется в промежуточный перегреватель при давлении $P_{ПП} = 2,5$ МПа и перегревается до температуры $P_a = 540$ °С. Давление в конденсаторе $P_2 = 4$ кПа |
|---|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-6. Защита лабораторных работ № 1-4

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка отчетов о выполнении лабораторной работы. Тестирование знаний

Краткое содержание задания:

Ответы на тестовые вопросы по разделу термодинамики, соответствующему работе после предварительной сдачи отчёта о работе

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| Знать: методы расчета термодинамических процессов идеального и реального газ | 1. Состояние SF6 задано параметрами $T = 310$ К, $p = 30$ бар. Определить это состояние, используя таблицу термодинамических свойств SF6 на линии насыщения 2. По какой формуле можно вычислить теплоту изотермического процесса реального газа, если процесс происходит в области влажного пара? 1) $q = 0$; 2) $RT \ln(p_1/p_2)$; 3) $RT \ln(v_2/v_1)$; 4) $q = u_2 - u_1$; 5) $q = h_2 - h_1$ 3. При расширении 10кг идеального газа совершается работа, равная 20кДж. При этом к газу извне |
|--|--|

| | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|
| | <p>подводится 40кДж теплоты, а его температура повышается на 5°C. Определите среднюю теплоемкость c_p этого процесса и среднюю изохорную теплоемкость c_v газа, выразите их в кДж/(кг·К) и введите эти значения</p> <p>4. При сжатии 10кг идеального газа затрачивается работа, равная 50кДж. При этом от газа отводится 20кДж теплоты, а его температура повышается на 5°C. Определите среднюю теплоемкость c_p этого процесса и среднюю изохорную теплоемкость c_v газа, выразите их в кДж/(кг·К) и введите эти значения</p> <p>5.</p> <table border="1" data-bbox="735 593 1481 864"> <tr> <td data-bbox="735 593 1241 864">Как изменится изобарная теплоемкость влажного воздуха при увеличении его относительной влажности и неизменной температуре?</td> <td data-bbox="1241 593 1481 864"> 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя </td> </tr> </table> <p>6.</p> <table border="1" data-bbox="735 936 1481 1173"> <tr> <td data-bbox="735 936 1241 1173">Как изменится плотность влажного воздуха при увеличении его влагосодержания и неизменной температуре?</td> <td data-bbox="1241 936 1481 1173"> 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя </td> </tr> </table> <p>7. Чему будет равно давление воздуха P_2 на выходе из суживающегося сопла, если на входе в сопло давление $P_1 = 1$ МПа, скорость на входе в сопло $w_1 = 10$ м/с, давление среды за соплом $P_{ср} = 0,6$ МПа? Варианты ответа:</p> <table border="1" data-bbox="735 1395 938 1570"> <tr><td>$p_2 = p_{ср}$</td></tr> <tr><td>$p_2 = p_{кр}$</td></tr> <tr><td>$p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}^2$</td></tr> <tr><td>$p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}$</td></tr> <tr><td>$p_2 = p_1$</td></tr> </table> | Как изменится изобарная теплоемкость влажного воздуха при увеличении его относительной влажности и неизменной температуре? | 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя | Как изменится плотность влажного воздуха при увеличении его влагосодержания и неизменной температуре? | 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя | $p_2 = p_{ср}$ | $p_2 = p_{кр}$ | $p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}^2$ | $p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}$ | $p_2 = p_1$ |
| Как изменится изобарная теплоемкость влажного воздуха при увеличении его относительной влажности и неизменной температуре? | 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя | | | | | | | | | |
| Как изменится плотность влажного воздуха при увеличении его влагосодержания и неизменной температуре? | 1. увеличится 2. уменьшится 3. останется неизменным 4. однозначно ответить нельзя | | | | | | | | | |
| $p_2 = p_{ср}$ | | | | | | | | | | |
| $p_2 = p_{кр}$ | | | | | | | | | | |
| $p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}^2$ | | | | | | | | | | |
| $p_2 = p_1 \cdot \beta_{кр}$ | | | | | | | | | | |
| $p_2 = p_1$ | | | | | | | | | | |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно (балл не ниже 4,5)

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто (балл не ниже 3,5)

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено (балл не ниже 3,0)

5 семестр

КМ-7. Защита одной из лабораторных работ №1, №2, №3, №30, №36

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка отчёта выполнения работы. Проверка знаний по соответствующей теме

Краткое содержание задания:

Измерение коэффициента теплопроводности плоского слоя

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена | 1.Формулировка закона теплопроводности Фурье |
| Знать: основные принципы измерения физических величин, обработки результатов измерений и оценки погрешность | 1.Методы измерения теплопроводности. Метод нагретой нити |
| Уметь: самостоятельно анализировать процессы теплообмена и принимать оптимальные решения при конструировании и эксплуатации теплообменного оборудования | 1.Рассчитать средне-интегральный коэффициент теплопроводности, если площадь плоского слоя исследуемого материала $f=0,01$ м ² ; его толщина $D=0,5$ см, тепловой поток $Q=50$ Вт при разности температур 5 градусов |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Правильный ответ на поставленный вопрос. Правильный ответ при решении задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Студент показал знание ответа на поставленный вопрос. Показал правильный ход решения задания, дающий точный ответ

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Не полный ответ на поставленный вопрос.
Правильный ход решения, не дающий точный ответ

КМ-8. Контрольная работа "Теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообменные аппараты"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач

Краткое содержание задания:

Выполнить расчёт теплообменного аппарата по заданным параметрам. Рассчитать тепло-гидравлические характеристики теплообменника

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Знать: методики расчета теплообменных аппаратов ТЭС, АЭС и принципы и методы интенсификации теплопередачи | 1.Понятие гидродинамического и теплового пограничных слоёв |
| Знать: основные источники информации о теплофизических свойствах теплоносителей | 1.Как изменяется средний коэффициент теплоотдачи при увеличении скорости обтекания цилиндрической поверхности |
| Уметь: самостоятельно анализировать процессы теплообмена и принимать оптимальные решения при конструировании и эксплуатации теплообменного оборудования | 1.Рассчитать скорость движения воздуха в обогреваемой трубе, если температурный напор 10 градусов, плотность теплового потока 5000 Вт/м ² , при длине трубы 1 м, её диаметре 20 мм и температуре обтекающего воздуха 20 градусов |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-9. Контрольная работа « Теплообмен при фазовых переходах, теплообмен излучением»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач на определение теплообмена при конденсации, кипении и при излучении

Краткое содержание задания:

Рассчитать количество конденсата на вертикальных и горизонтальных поверхностях. Рассчитать процессы теплоотдачи при пузырьковом и плёночном кипении. Рассчитать соотношения между тепловым потоком, степенью черноты, длиной излучаемой волны, коэффициентами излучения и отражения, а также температурами тел при лучистом теплообмене

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: основные принципы теплообмена и методы математического моделирования теплообменных процессов и установок | 1. Записать формулу для излучения, описывающая закон смещения Вина |
| Уметь: самостоятельно анализировать процессы теплообмена и принимать оптимальные решения при конструировании и эксплуатации теплообменного оборудования | 1. Найти температуру серого излучающего тела, если максимальная длина волны 0,8 мкм 2. Найти коэффициент теплоотдачи при конденсации пара в регенеративном подогревателе низкого давления ТЭС, если давление поступающего из отбора турбины пара 0.143 МПа, а температура стенок вертикальных труб 80 градусов, их высота 4,5 м |
| Уметь: самостоятельно ставить и решать задачи теплогидравлических процессов и выполнять численные расчеты | 1. Рассчитать коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении в трубе диаметром 30 мм на участке стабилизированного теплообмена с теплоносителем движущимся со скоростью 1 м/с при давлении 5 бар |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-10. Защита лабораторной работы №17

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовый опрос в аудитории

Краткое содержание задания:

Провести расчёт процесса теплопередачи при пузырьковом кипении в зависимости от температурного напора

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--------------------------|---|
| Знать: основные принципы | 1. Интерпретировать формулу Лобунцова для |
|--------------------------|---|

| | |
|---|---|
| измерения физических величин, обработки результатов измерений и оценки погрешность | пузырькового режима кипения |
| Уметь: самостоятельно ставить и решать задачи теплогидравлических процессов и выполнять численные расчеты | 1. Вычислить критическую плотность теплового потока при давлении насыщения при 16 МПа |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-11. Расчетное задание

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач на темы: "Нестационарная теплопроводность в телах конечной формы", "Расчёт температуры теплоносителя, подаваемого потребителю с использованием различных теплоизоляционных материалов", "Расчёт рекуперативного конденсатора"

Краткое содержание задания:

Рассчитать теплообменный аппарат с заданной конфигурацией и параметрами греющей и нагреваемой сред

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: основные источники научно-технической информации о новых разработках в области теплообмена | 1. Решения Фурье в задачах нестационарной теплопроводности для тел конечной формы |
| Уметь: разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов | 1. Рассчитать теплоотдачу для 10-рядного пучка труб в горизонтальном конденсаторе при поперечном обтекании |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-12. Защита одной из лабораторных работ №13, №32, №37, №7, №9, №10

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка отчёта выполнения работы.
Проверка знаний по соответствующей теме

Краткое содержание задания:

Исследование процесса конвективного теплообмена при поперечном обтекании одиночной трубы потоком охлаждающей жидкости

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена | 1. Как влияет число Рейнольдса на коэффициент теплоотдачи? |
| Знать: основные принципы измерения физических величин, обработки результатов измерений и оценки погрешность | 1. Что такое коэффициент теплоотдачи? |
| Уметь: пользоваться справочными данными теплофизических свойств рабочих тел и теплоносителей | 1. Рассчитать коэффициент теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра, если: скорость в узком сечении канала 1 м/с, а диаметр цилиндра 42 мм |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

| | | |
|---|--|---|
| ФГБОУВО НИУ МЭИ | Экзаменационный билет № 33 | Утверждаю: Зав. Каф. ТОТ |
| | | Кафедра Теоретических основ теплотехники |
| | | Дисциплина: Термодинамика и теплообмен |
| | ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ | « ____ » 2021 г |
| <p>1. Предмет «Термодинамика». Основные термины (рабочее тело, термодинамический процесс, уравнение состояния, уравнение процесса, функции состояния, функции процесса).</p> <p>2. Первый закон термодинамики. Выражение 1 закона термодинамики для неподвижного тела и для одномерного стационарного потока.</p> <p>3. Начальное состояние пара: $P_1 = 7,9205$ бар; $X = 0,85$. Пар расширяется изотермически до давления 0,5 бар. Найти t, q, l, Δu. Представить процесс в PV, HS, TS – диаграммах.</p> | | |

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. Студенту на подготовку к ответу отводится 60 минут. Время опроса не должно превышать 30 минут. Экзаменатор оценивает объём ответа по билету, вправе задать экзаменуемому дополнительные теоретические и практические вопросы из перечня тем по курсу дисциплины. Экзаменуемому разрешается иметь при себе калькулятор, письменные принадлежности, справочные материалы, необходимые для выполнения задания. Запрещается пользоваться средствами связи и хранения информации. При нарушении правил проведения экзамена студент может быть удалён из аудитории с выставлением неудовлетворительной оценки.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов термодинамики, выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности

Вопросы, задания

1. Порядок расчета сопла для водяного пара. Связь между узким и выходным сечениями в предельном сопле Лавала.
2. Написать аналитическое выражение первого начала термодинамики для потока. Теплота и работа в потоке
3. Изотермический процесс в идеальном газе. Вывод формулы для нахождения работы и подведенной (отведенной) теплоты

4. Политропный процесс. Связь между термическими параметрами. Обобщающее значение политропных процессов. Области на p, v -диаграмме. Теплоемкость политропного процесса идеального газа C_n . Политропные процессы с отрицательной теплоемкостью
5. Второй закон термодинамики. Формулировки, аналитическое выражение для обратимых процессов. Первая теорема Карно. Вывод формулы для КПД цикла Карно в идеальном газе
6. Интеграл Клаузиуса для обратимого цикла. T - s диаграмма. Энтропия и ее свойства. Расчет изменения энтропии идеального газа в различных процессах. Расчет изменений энтропии идеального газа по таблицам ВТИ и МЭИ 2017 г
7. Смеси идеальных газов. Методы задания концентрации смесей. Методы расчёта параметров состояния и функций состояния смесей идеальных газов
8. Уравнения Максвелла. Вывод уравнений Максвелла. Мнемонический квадрат
9. Характеристические функции. Дифференциальные соотношения термодинамики, связывающие характеристические функции с термическими параметрами состояния
10. Алгоритм расчёта истечения газов и паров из сопел различной конфигурации
11. Адиабатное дросселирование. Вывод уравнения истечения при адиабатном дросселировании. Дифференциальный дроссель-эффект. Точка инверсии. Кривая инверсии в $(p-v)$ - p координатах
12. Расчет компрессора для сжатия идеального газа в политропном процессе. Многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением
13. Схема и цикл газотурбинной энергетической установки, работающей по обыкновенному циклу Брайтона. Расчет термического и внутреннего КПД цикла
14. Циклы паротурбинных установок. Методы улучшения технико-экономических показателей паротурбинных установок. Средняя температура подвода тепла в цикле ПТУ
15. Обратные термодинамические циклы

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какое выражение, интерпретирующее первый закон термодинамики для неподвижного рабочего тела, правильное?

Ответы:

$$dQ = dU - Vdp$$

$$dQ = dU + Vdp$$

$$dQ = dH - Vdp$$

Верный ответ: $dQ = dH - Vdp$

2. Выбрать правильную формулировку 2-го закона термодинамики

Ответы:

| |
|---|
| Теплота не может передаваться от менее нагретого тела к более нагретому. |
| Процесс передачи теплоты от более нагретого тела к менее нагретому - необратим |
| Теплота не может быть передана от менее нагретого тела к более нагретому без дополнительных затрат энергии. |

Верный ответ: Теплота не может быть передана от менее нагретого тела к более нагретому без дополнительных затрат энергии.

3. Всегда ли молярная концентрация компонента в смеси равна её объёмной концентрации?

Ответы:

| |
|---|
| Всегда |
| Равенство справедливо только для реального газа |
| Равенство справедливо, если газ идеальный |

Верный ответ: Равенство справедливо, если газ идеальный

4. Какие из перечисленных свойств, являются термодинамическими функциями состояния?

Ответы:

| |
|--|
| Теплота и работа |
| Вязкость, теплопроводность, температуропроводность |
| Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия |

Верный ответ: Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия

5. Какие из перечисленных свойств являются термодинамическими характеристическими функциями

Ответы:

| |
|--|
| Энтропия, изобарная теплоёмкость, изохорная теплоёмкость |
| Внутренняя энергия, энтальпия, энергия Гельмгольца |
| Кинетическая энергия, теплота, работа |

Верный ответ: Внутренняя энергия, энтальпия, энергия Гельмгольца

6. Какая причина повышения КПД паротурбинной установки за счёт применения регенеративного подогрева питательной воды

Ответы:

| |
|---|
| Уменьшение работы насоса в связи с меньшим расходом в конденсаторе |
| Увеличение средней температуры подвода тепла |
| Снижение доли неэффективной работы турбины в зоне параметров после отбора |

Верный ответ: Увеличение средней температуры подвода тепла

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ОПК-6} Демонстрирует знание единиц измерения физических величин, основных методов их измерения

Вопросы, задания

1. Теплоемкость средняя и истинная . Их связь. Теплоемкость C_v и - внутренняя энергия U . Теплоемкость - C_p и энтальпия - h . Общая формула связи теплоемкостей C_p и C_v идеального газа
2. Процессы во влажном воздухе. Основные понятия (абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, точка росы)

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое удельная теплоёмкость рабочего вещества (тела)?

Ответы:

| |
|--|
| Количество теплоты, подведённой к единице массы рабочего тела в заданном процессе, при изменении его температуры на 1 градус. |
| Элементарное количество теплоты (dq), которое необходимо подвести (или отвести) к единице массы вещества в заданном термодинамическом процессе, при бесконечно малом приращении температуры в соответствие с выбранной системой единиц |
| Элементарное количество теплоты, необходимое для бесконечно малого изменения температуры единицы объема рабочего тела (кубического метра) в заданном термодинамическом процессе. |

Верный ответ: Элементарное количество теплоты (dq), которое необходимо подвести (или отвести) к единице массы вещества в заданном термодинамическом процессе, при бесконечно малом приращении температуры в соответствии с выбранной системой единиц

2. Что произойдёт с относительной влажностью влажного воздуха при неизменном давлении, если его температура увеличится?

Ответы:

Относительная влажность увеличится, так как давление насыщения увеличится

Относительная влажность уменьшится, так как давление насыщения увеличится

Она останется без изменений, так как количество пара останется неизменным

Верный ответ: Относительная влажность уменьшится, так как давление насыщения увеличится

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на каждый поставленный теоретический вопрос с достаточным раскрытием темы. Задача, решённая правильно с графической интерпретацией, имеющей несущественные недостатки

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на каждый поставленный теоретический вопрос с достаточным раскрытием темы. Задача, решённая правильно с графической интерпретацией, имеющей несущественные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Не полный ответ на каждый поставленный вопрос, либо отсутствием ответа на один из вопросов. Задача с правильным ответом, но без графической интерпретации решения.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка = оценка за текущий контроль $\times 0,4$ + оценка за промежуточный контроль $\times 0,6$

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

| | | |
|-----|---|---|
| МЭИ | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Дисциплина Термодинамика и тепло- и массообмен | Утверждаю /зав. каф. ТОТ _____ |
| | | Кафедра теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича |
| 1. | Виды теплообменников. Соотношения для среднелогарифмического температурного напора в рекуперативных теплообменниках. Сравнение температурного напора для прямотока и противотока. | |
| 2. | Ребро конечной длины постоянного сечения. Анализ соотношения для коэффициента | |

| | | | | |
|----|---|--------------------|---------------------------|-------|
| | эффективности ребра. | | | |
| 3. | Вычислить тепловой поток (Вт) при свободной конвекции на поверхности вертикальной трубы высотой 1 м и диаметром 5 см. Температура трубы 800С, окружающей среды (воздуха) 200С. Свойства воздуха: | | | |
| | t, °С | λ , Вт/м К | ν , м ² /с | Pr |
| | 20 | 0,0259 | 15,06·10 ⁻⁶ | 0,703 |
| | 80 | 0,0305 | 21,09·10 ⁻⁶ | 0,692 |

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. Студенту на подготовку к ответу отводится 60 минут. Время опроса не должно превышать 30 минут. Экзаменатор оценивает объём ответа по билету, вправе задать экзаменуемому дополнительные теоретические и практические вопросы из перечня тем по курсу дисциплины. Экзаменуемому разрешается иметь при себе калькулятор, письменные принадлежности, справочные материалы, необходимые для выполнения задания. Запрещается пользоваться средствами связи и хранения информации. При нарушении правил проведения экзамена студент может быть удалён из аудитории с выставлением неудовлетворительной оценки.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы, проводит исследования и расчет процессов теплообмена в соответствии с заданной методикой

Вопросы, задания

1. Стационарная теплопроводность в плоской стенке. Интегрирование ДУ (дифференциального уравнения) теплопроводности. Распределение температуры по толщине пластины для постоянного значения коэффициента теплопроводности
2. Конвективный теплообмен: основные понятия, режимы течения, гипотеза прилипания, коэффициент теплоотдачи, гидродинамический и тепловой пограничные слои. Соотношение толщин пограничных слоев при ламинарном течении
3. Вынужденная конвекция. Режимы течения. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской стенки (ламинарный пограничный слой).
4. Свободная конвекция. Профили скорости и температуры

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дать определение процесса теплообмена

Ответы:

| |
|--|
| Процесс переноса теплоты и массы в пространстве с неоднородным распределением температуры и концентрации компонентов вещества. Перенос теплоты – процесс обмена внутренней энергией, происходящий между элементами и областями рассматриваемой системы (среды) |
| Самопроизвольный необратимый процесс распространения теплоты в пространстве, обусловленный разностью температур |
| Перенос теплоты, обусловленный переходом внутренней энергии тела (среды) в лучистую, переносом последней в пространстве с помощью электромагнитных волн и поглощением ее другими телами (средами) |

Верный ответ: Самопроизвольный необратимый процесс распространения теплоты в пространстве, обусловленный разностью температур

2. Дать определение процесса теплопроводности

Ответы:

| |
|---|
| Перенос теплоты в сплошной среде с неоднородным распределением температуры, осуществляемый микрочастицами вещества при их тепловом движении. В чистом виде теплопроводность наблюдается только в твёрдых телах. |
| Перенос теплоты в среде с неоднородным распределением скорости и температуры, осуществляемый макроскопическими элементами вещества при их перемещении. |
| Процесс переноса теплоты, в котором параметры изменяются только в пространстве, но не изменяются во времени. |

Верный ответ: Перенос теплоты в сплошной среде с неоднородным распределением температуры, осуществляемый микрочастицами вещества при их тепловом движении. В чистом виде теплопроводность наблюдается только в твёрдых телах.

3. Указать неверное мероприятие по увеличению коэффициента теплопередачи

Ответы:

| |
|---|
| Увеличить меньший из двух коэффициентов теплоотдачи |
| Осуществить оребрение стенки со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи |
| Осуществить оребрение стенки со стороны большего коэффициента теплоотдачи |

Верный ответ: Осуществить оребрение стенки со стороны большего коэффициента теплоотдачи

4. Какие теплообменники называют смешительными (контактными)?

Ответы:

| |
|---|
| Теплообменники в которых тепло- и массообменные процессы протекают при непосредственном контакте теплоносителей. |
| Аппараты, в которых греющий и нагреваемый теплоносители разделены друг от друга стенкой. |
| Аппараты, в которых горячий и холодный теплоносители поочередно омывают одну и ту же поверхность некоторого тела через определенные промежутки времени. |

Верный ответ: Теплообменники в которых тепло- и массообменные процессы протекают при непосредственном контакте теплоносителей.

5. При конденсации сухого насыщенного пара на горизонтальной трубке, при увеличении разности температур насыщения и стенки, коэффициент теплоотдачи:

Ответы:

| |
|---------------|
| Увеличивается |
| Уменьшается |
| Не изменяется |

Верный ответ: Уменьшается

6. При пузырьковом кипении жидкости на поверхности горизонтальной трубки, при увеличении разности температур стенки и насыщения, коэффициент теплоотдачи

Ответы:

| |
|---------------|
| Увеличивается |
| Уменьшается |
| Не изменяется |

Верный ответ: Увеличивается

7. При термогравитационной конвекции жидкости вдоль вертикальной поверхности, при увеличении разности температур стенки и жидкости на удалении от стенки, коэффициент теплоотдачи

Ответы:

Увеличивается

Уменьшается

Не изменяется

Верный ответ: Увеличивается

8. При движении жидкости вдоль горизонтальной поверхности, при увеличении скорости течения жидкости (ламинарный режим течения), коэффициент теплоотдачи

Ответы:

| |
|---------------|
| Увеличивается |
| Уменьшается |
| Не изменяется |

Верный ответ: Увеличивается

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ОПК-6} Выполняет измерения физических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает погрешность

Вопросы, задания

1. Основные положения теплопроводности: температурное поле, градиент температуры, закон Фурье теплопроводности, коэффициент теплопроводности.

2. Физико-математическая формулировка задач теплопроводности (общий случай). ДУ (дифференциальное уравнение) теплопроводности, условия однозначности (краевые условия задачи).

3. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Физический смысл полученных безразмерных критериев.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Укажите уравнение подобия, описывающее процесс теплообмена при стационарном режиме свободной конвекции

Ответы:

а) $Nu = f(Re, Pr)$

б) $Nu = f(Pe, Fo)$

в) $Nu = f(Re, Gr)$

г) $Nu = f(Re, Pr, Gr)$

д) $Nu = f(Gr, Pr)$

Верный ответ: д) $Nu = f(Gr, Pr)$

2. Какое из приведенных уравнений описывает процесс теплообмена при вынужденной конвекции и стационарном режиме?

Ответы:

а) $Nu = f(Re, Pr)$

б) $Nu = f(Pe, Fo)$

в) $Nu = f(Re, Gr)$

г) $Nu = f(Re, Pr, Gr)$

д) $Nu = f(Gr, Pr)$

Верный ответ: г) $Nu = f(Re, Pr, Gr)$

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Достаточно полный ответ на каждый теоретический вопрос. Полностью решенная задача с правильным ответом и графической интерпретацией решения

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на каждый поставленный теоретический вопрос с достаточным раскрытием темы. Задача, решённая правильно с графической интерпретацией, имеющей несущественные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Не полный ответ на каждый поставленный вопрос, либо отсутствием ответа на один из вопросов. Задача с правильным ответом, но без графической интерпретации решения.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка = оценка за текущий контроль $\times 0,4$ + оценка за промежуточный контроль $\times 0,6$